МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОТВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

Отчет
Защищен с оценкой
Преподаватель

Кандидат физ. мат. наук		Прилипко В.К.
Должность, звание	подпись, дата	фамилия, инициалы

Отчет о лабораторной работе №4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОНА
По курсу: Физика

Работу выполнил:
Студент группы ________________ ________________ ________________

подпись, дата фамилия, инициалы

Санкт-Петербург 2018

1. Цель работы.

Цель работы: определение удельного заряда электрона с помощью электронной лампы, помещенной в магнитное поле.

2. Описание лабораторной установки.

Схема установки изображена на рис. 1 Схема 1. Здесь С – соленоид, внутри которого находится электронная лампа с катодом цилиндрической формы, расположенным коаксиально аноду и параллельно магнитным силовым линиям; БС, БА, БН – источники питания соленоида, анода и накала соответственно; А – амперметр для контроля тока в соленоиде; мкА – микроамперметр для измерения тока в баллоне электронной лампы. Он включен в схему под панелью, наружные клеммы отсутствуют. Изменения токов и подаваемого напряжения производится с помощью рукояток на панелях источников питания. Источник питания Б5-7 (БС) имеет две рукоятки для изменения тока, одну – скачком через 3 В, другую – плавную в пределах каждого интервала шкалы первой рукоятки

Таблица технических характеристик прибора Таблица 1

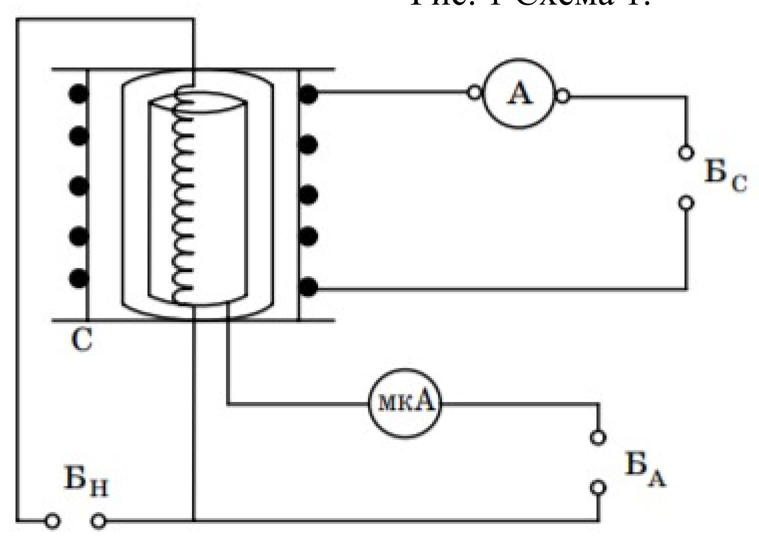
Прибор	Макс. значение	Цена деления	Класс точности	Систематическая погрешность
Микроамперметр	200 мкА	5 мкА	1	2
Вольтметр	15 В	0.5 В	2.5	0.25 В
Амперметр	3А	5 mA	0.5	2.5 mA

r_A – 7 мм - 0.007 м $I_c = \frac{3\,A}{150}$

r_K – 15мм - 0.015 м

n_0 -1.8*10^3 м

Рис. 1 Схема 1.



3. Рабочие формулы.

$$\frac{e}{m}=\frac{8U}{\mu_0^2(r_A-r_K)^2 n_0^2 I_c^2}$$

$\mu_0 = 4\pi*10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная, n0 – число витков на единицу длины соленоида, сила тока в соленоиде I_C, r_A-радиус анода, r_K-радиус катода

вычислений.

Для Рис.1 Схема 1

Таблица 2

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$U_{A.}$ В	10													
$I_{c.}$ А	0	0,16	0,16	0,19	0,20	0,23	0,25	0,28	0,30	0,35	0,37	0,39	0,43	0,47
$I_{a.}$ мА	121	120	120	119	117	110	103	80	50	22	15	10	4	0
$U_{A.}$ В	12													
$I_{c.}$ А	0	0,17	0,21	0,22	0,24	0,29	0,31	0,34	0,36	0,37	0,39	0,40	0,43	0,51
$I_{a.}$ мА	122	121	118	117	115	99	79	55	35	30	26	22	18	0

Таблица 3

U. В	e/m. (Кл/кг) ср.	e/m. (Кл/кг) ср.ср.
10	$0,448*10^{12}$	$0,454*10^{12}$
12	$0,46*10^{12}$	

5. Пример расчетов.

$$\frac{e}{m}=\frac{8U}{\mu_0^2(r_a-r_k)^2 n_0^2 I_c^2}=\frac{8*10}{16*9.87*10^{-14}*6,4*10^{-5}*3,24*10^{6}*0,256}=0,954*10^{12}\left(\frac{Кл}{кг}\right)$$

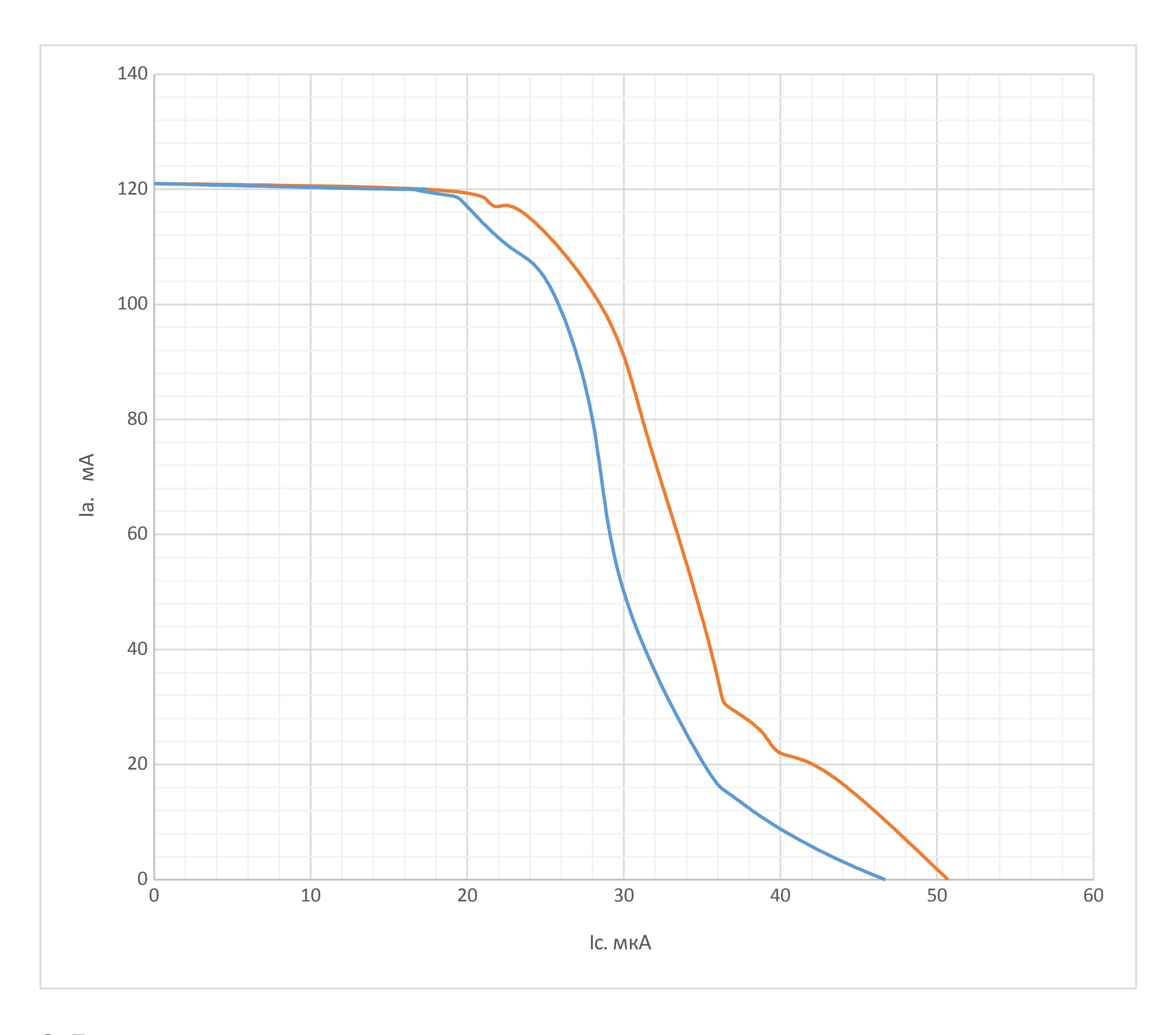
$$\frac{e}{m}=\frac{8U}{\mu_0^2(r_a-r_k)^2 n_0^2 I_c^2}=\frac{8*12}{16*9.87*10^{-14}*6,4*10^{-5}*3,24*10^{6}*0,293}=0,979*10^{12}\left(\frac{Кл}{кг}\right)$$

$$\frac{e}{m}ср=\frac{8U}{\mu_0^2(r_a-r_k)^2 n_0^2 I_c^2}=\frac{8*12}{16*9.87*10^{-13}*6,4*3,24*0,2535^2}=0,46*10^{12}\left(\frac{Кл}{кг}\right)$$

$$\frac{e}{m}ср=\frac{8U}{\mu_0^2(r_a-r_k)^2 n_0^2 I_c^2}=\frac{8*10}{16*9.87*10^{-13}*6,4*3,24¿0,2335^2}=0,448*10^{12}\left(\frac{Кл}{кг}\right)$$

$$\frac{e}{m}ср.ср.=\frac{0,46*10^{9}+0,448*10^{12}}{2}=0,454*10^{12}\left(\frac{Кл}{кг}\right)$$

7. Графики



8. Вывод:

Мы определили удельный заряд электрона с помощью электронной лампы, помещенной в магнитное поле и получили $e/m=0.454*10^{12}$ Кл/кг .



ОТВЕТЫ --->>СКАЧАТЬ https://archive.org/details/@guap4736_vkclub152685050

Имя

- Индивидуальное задание
- ЛР исследование гистерезиса ферромагнитных материалов
- ЛР определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля зе...
- ЛР определение удельного заряда электрона
- ЛР определение электроемкости конденсатора
- ЛР процессы установления тока при разрядке и зарядке конденсаторов
- Методички
- тест LMS 1
- Экзамен
- Бипризма Френеля 1
- Кольца Ньютона 1
- КОНТАКТЫ
- Литвинова Надежда Николаевна
- ЛР исследование магнитного поля соленоида
- ЛР кольца Ньютона
- ЛР Проверка законов теплового излучения
- Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 1
- Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 2
- Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 3
- Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 4
- Определение периода релаксационных колебаний при помощи электронного осцил...
- Определение периода релаксационных колебаний при помощи электронного осцил...
- Определение электроемкости конденсатора с помощью баллистического гальваном...
- Определение электроемкости конденсатора с помощью баллистического гальваном...

ОТВЕТЫ -->>СКАЧАТЬ https://yadi.sk/d/PgjdK_eMGWoIJQ

Лабораторная работа № 10

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОНА

Цель работы: определить удельный заряд электрона с помощью магнетрона.

Теоретические сведения

Траектория и другие характеристики движения заряженной частицы в электрическом и магнитном полях определяются конфигурацией этих полей, ориентацией вектора скорости и отношением заряда частицы к ее массе (*удельным зарядом*).

На заряженную частицу, движущуюся в магнитном поле, действует сила, которую называют *магнитной*:

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v}\times\mathbf{B},$$

где q – заряд частицы; $\mathbf{v}$ – её скорость; $\mathbf{B}$ – индукция магнитного поля.

Направлена эта сила перпендикулярно плоскости, в которой лежат векторы $\mathbf{v}$ и $\mathbf{B}$. Модуль магнитной силы

$$F = qvB\sin\alpha,$$

где α – угол между векторами $\mathbf{v}$ и $\mathbf{B}$.

Если имеются одновременно электрическое и магнитное поля, то сила, действующая на заряженную частицу, называется *силой Лоренца* и определяется как

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E}+\mathbf{v}\times\mathbf{B}),$$

где $\mathbf{E}$ – напряженность электрического поля.

Метод измерений

Существуют различные методы определения удельного заряда электрона e/m (e – абсолютная величина заряда электрона, m – его масса), в основе которых лежат законы движения электрона в электрическом и магнитном полях. Один из них – *метод магнетрона* (конфигурация полей в нем напоминает конфигурацию полей в магнетронах – генераторах электромагнитных колебаний сверхвысоких частот).

Метод магнетрона состоит в следующем. Электронная лампа с двумя цилиндрическими коаксиальными электродами помещается

внутри соленоида с той же осью. При разности потенциалов между электродами возникает электрическое поле. При пропускании тока в соленоиде создается магнитное поле. Электроны эмитируются нагретым катодом (внутренним электродом).

Если тока в соленоиде нет, электроны движутся радиально к аноду (внешнему электроду). Устанавливается анодный ток.

При токе в соленоиде на электроны начинает действовать магнитная сила, под действием которой их траектории искривляются. При увеличении тока в соленоиде электроны перестают достигать анода. Анодный ток падает.

Рассмотрим подробнее движение электрона во взаимно перпендикулярных электрическом и магнитном полях. Электрическое поле направлено радиально к оси магнетрона, магнитное поле – вдоль этой оси.

Введем цилиндрическую систему координат, в которой положение электрона определяется расстоянием r от оси, полярным углом φ в плоскости, перпендикулярной оси, и координатой z вдоль оси. Движение электрона в двухэлектродной лампе в магнитном поле соленоида показано на рис. 1.

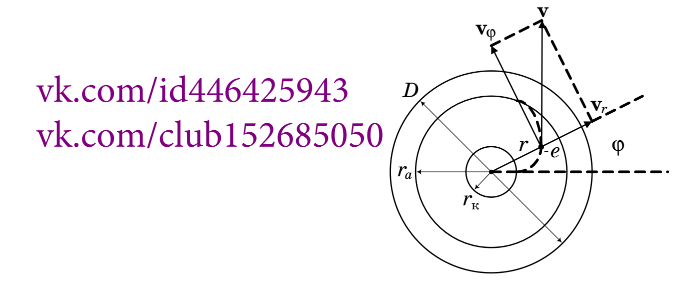


Рис. 1

Движение электрона описывается уравнением моментов

$$\frac{d\mathbf{L}}{dt} = \mathbf{M}. \qquad (1)$$

Момент импульса L_z электрона относительно оси z на расстоянии r от неё

$$L_z = mv_\varphi r,$$

где v_φ – составляющая скорости, перпендикулярная радиусу и оси.

Компонента M_z момента сил, действующих на электрон

$$M_z = rev_rB,$$

где

$$v_r = \frac{dr}{dt} \ -$$

радиальная составляющая скорости электрона.

Проектируем (1) на ось z

$$\frac{d(mv_\varphi r)}{dt} = rev_r B = eBr\frac{dr}{dt} = \frac{1}{2}eB\frac{dr^2}{dt}$$

и интегрируем

$$mv_\varphi r = (1/2)eBr^2 + \text{const} .$$

Начальная скорость электрона, вылетевшего из катода, определяется температурой катода. Если эта скорость много меньше скорости, приобретаемой электроном при движении в электрическом поле лампы, ею можно пренебречь.

Константу найдем из начальных условий:

$$v_\varphi = 0$$

при

$$r = r_\text{к} \ (r_\text{к} - \text{радиус катода}).$$

Тогда

$$\text{const} = -(1/2)eBr_\text{к}^2$$

и

$$v_\varphi = \frac{1}{2}\frac{e}{m}\frac{B}{r}(r^2 - r_\text{к}^2). \qquad (2)$$

Кинетическая энергия электрона будет равна работе сил электрического поля

$$\frac{m(v_r^2 + v_\varphi^2)}{2} = eU, \qquad (3)$$

где U – потенциал относительно катода точки поля, в которой находится электрон.

Подставляя в (3) значение v_φ из (2), получаем

$$eU = \frac{m}{2}\left(v_r^2 + \frac{1}{4}\left(\frac{e}{m}\right)^2\frac{B^2}{r^2}\left(r^2 - r_\text{к}^2\right)\right). \qquad (4)$$

Вблизи анода $r = r_a$ (r_a – радиус анода) и $U = U_a$ (U_a – анодное напряжение). Для каждого значения анодного напряжения U_a при некотором значении магнитной индукции $B = B_{кр}$, которое называют *критическим*, скорость электрона вблизи анода станет перпендикулярной радиусу ($v_r = 0$). Тогда уравнение (4) примет вид

$$eU_a = \frac{m}{8}\left(\frac{e}{m}\right)^2 \frac{B_{кр}^2}{r_a^2}\left(r_a^2 - r_к^2\right).$$

Отсюда находим выражение для удельного заряда электрона

$$\frac{e}{m} = \frac{8U_a}{B_{кр}^2 r_a^2 \left(1 - r_к^2 / r_a^2\right)^2}. \qquad (5)$$

Таким образом, если задано $U_а$ и известно $B_{кр}$, можно определить e/m.

Индукция B пропорциональна току в соленоиде $I_с$. На рис. 2 показана экспериментальная зависимость анодного тока $I_а$ от тока в соленоиде $I_с$ (*сбросовая характеристика*).

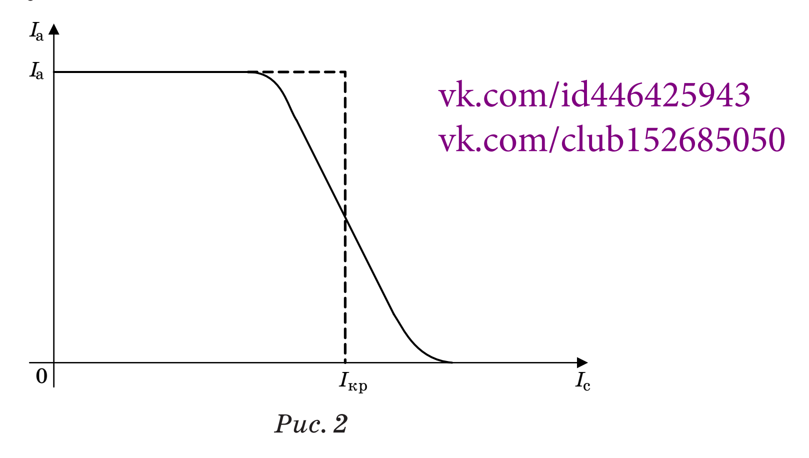


Рис. 2

Если бы у всех электронов параметры движения были бы одни и те же, зависимость анодного тока от тока в соленоиде имела бы вид, показанный пунктирной линией. В этом случае при $I_с<I_{кр}$ все электроны, испускаемые катодом, достигали бы анода, а при $I_с>I_{кр}$ ни один электрон не попадал бы на анод.

Однако невозможно для всех электронов создать одинаковые условия движения. В эксперименте у электронов могут быть раз-

личные $B_{кр}$ и $I_{кр}$. В результате у тока соленоида $I_с$ существует «переходная» область значений, при которых одна часть электронов достигает анода, а другая часть – нет. При этом по мере возрастания тока $I_с$ анодный ток $I_а$ уменьшается.

При расчетах можно взять значение критического тока $I_{кр}$, соответствующее середине самого крутого участка спада или точке перегиба графика сбросовой характеристики. Это значение будет критическим для наибольшего количества электронов.

В центральной части соленоида магнитное поле можно считать однородным и магнитную индукцию рассчитывать как для центральной точки. Тогда

$$B_{кр} = \frac{\mu_0 N}{\sqrt{L^2 + D^2}} I_{кр}, \qquad (6)$$

где N – число витков в соленоиде; L – его длина; D – диаметр; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная.

Лабораторная установка

Электрическая схема установки изображена на рис. 3.

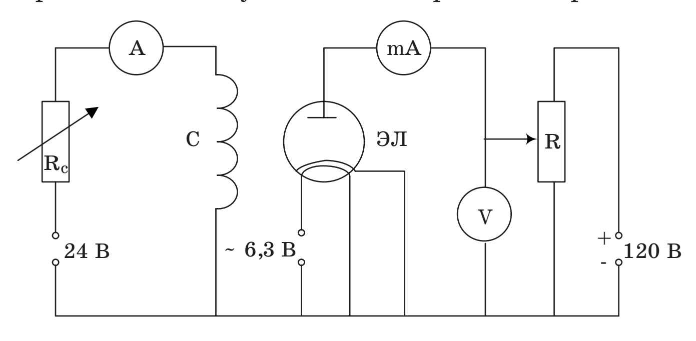


Рис. 3

На рисунке: ЭЛ – электронная лампа; С – соленоид; анодное напряжение устанавливается с помощью реостата R и контролируется вольтметром V; анодный ток измеряется миллиамперметром мА. Ток в соленоиде изменяется с помощью переменного сопротивления $R_с$ и измеряется амперметром А.

Параметры намотки соленоида:
число витков $N = 2006$;
длина $L = 167$ мм;

диаметр $D = 62$ мм.

Параметры электродов лампы:

радиус анода $r_а = 6$ мм;

радиус катода $r_к = 0{,}3$ мм.

Порядок выполнения работы

1. Установить анодное напряжение $U_а = 50$ В и занести в табл. 1 и 2.

2. Изменяя ток в соленоиде $I_с$ от минимального (начального) значения до максимального через 0,1 А, снять сбросовую характеристику (зависимость анодного тока $I_а$ от $I_с$). Результаты измерений занести в табл. 1.

3. Повторить пп. 2 и 3 при двух других значениях U_a (>50 В).

4. Для каждого значения $U_а$ построить график сбросовой характеристики $I_а(I_с)$, по графику определить критическое значение $I_{кр}$ и занести в табл. 2.

5. Для каждого значения $I_{кр}$ рассчитать по формуле (6) критическое значение магнитной индукции $B_{кр}$.

6. Для каждой пары $U_а$ и $B_{кр}$ вычислить по формуле (5) величину удельного заряда электрона e/m и определить среднее значение.

7. Оценить погрешность полученной величины e/m.

Таблица 1

$U_а = 50$ В		$U_а =$ В		$U_а =$ В	
$I_с$	$I_а$	$I_с$	$I_а$	$I_с$	$I_а$

Таблица 2

$U_а$	$I_{кр}$	$B_{кр}$	e/m

vk.com/id446425943
vk.com/club152685050

Контрольные вопросы

1. Какие силы действуют на электроны, движущиеся в электрическом и магнитном полях? Как они направлены?

2. В чём суть метода магнетрона для определения отношения e/m?

3. Что такое критическая индукция и как ее определить?

4. Влияет ли на величину $B_{кр}$ изменение направления тока в соленоиде на противоположное?

5. Зависит ли величина e/m от величины анодного напряжения?